

UNIVERSITE DE GENEVE
Département de médecine
Centre de cardiologie

FACULTE DE MEDECINE
Prof. W. RUTISHAUSER
P.D. Dr A. BLOCH

ANALYSE ECHOCARDIOGRAPHIQUE DE LA FONCTION VENTRICULAIRE GAUCHE CHEZ LES CORONARIENS

THESE

présentée à la faculté de médecine de l'Université de Genève
pour obtenir le grade de docteur en médecine

par

Jean-Daniel MORARD

de

GUMEFENS, AVRY-DEVANT-PONT (Fribourg)

Thèse No 3766

GENEVE
Editions Médecine et Hygiène
1979



Digitized by the Internet Archive
in 2026

UNIVERSITE DE GENEVE
Département de médecine
Centre de cardiologie

FACULTE DE MEDECINE
Prof. W. RUTISHAUSER
P.D. Dr A. BLOCH

ANALYSE ECHOCARDIOGRAPHIQUE DE LA FONCTION VENTRICULAIRE GAUCHE CHEZ LES CORONARIENS

THESE

présentée à la faculté de médecine de l'Université de Genève
pour obtenir le grade de docteur en médecine

par

Jean-Daniel MORARD

de

GUMEFENS, AVRY-DEVANT-PONT (Fribourg)

Thèse No 3766

GENEVE
Editions Médecine et Hygiène
1979

La Faculté de médecine, sur le préavis du professeur W. Rutishauser et Dr A. Bloch, Privat-Docent, autorise l'impression de la présente thèse, sans prétendre par là émettre d'opinion sur les propositions qui y sont énoncées.

Genève, le 27 juillet 1979

Le doyen :
André Cruchaud

Thèse No 3766



Mes remerciements,

au Professeur Willy Rutishauser, médecin-chef du Centre de Cardiologie, pour ses précieux conseils.

au Docteur Antoine Bloch, privat-docent, instigateur et guide de ce travail, qui m'a donné son amitié en même temps que ses compétences scientifiques.

à Mademoiselle Chantal Mayor qui m'a tout appris de la technique échocardiographique; je lui suis particulièrement reconnaissant car avec elle les moments les plus durs ont toujours été teintés d'humour et de gentillesse.

à Mademoiselle Rose-May Zehnder, secrétaire, qui m'a permis de combler le retard pris dans la rédaction de cette thèse. Qu'elle soit remerciée pour sa collaboration amicale et efficace.

à Mademoiselle Marie-Thérèse Spinnler et à tous les autres collaborateurs du laboratoire d'échocardiographie ainsi qu'aux infirmières de l'unité 5 - EL.

A GLONETTE

A MES PARENTS

I. INTRODUCTION

Si l'utilité de l'échocardiographie dans un grand nombre de maladies péricardiques, myocardiques, valvulaires et congénitales a été maintes fois démontrée, la place de cette technique dans la maladie coronarienne demeure à préciser.

Jusqu'à une date récente, la seule méthode à disposition était l'échocardiographie uni-dimensionnelle ou mode-M. Cette méthode a un excellent pouvoir de résolution mais ne permet de voir qu'une partie du ventricule gauche. Or la maladie coronarienne est une maladie segmentaire si bien qu'une bonne évaluation de l'état myocardique implique une visualisation complète du ventricule gauche. L'introduction de l'échocardiographie bi-dimensionnelle ou "sector-scan" a modifié la place des ultrasons dans la maladie coronarienne en permettant une visualisation plus complète du ventricule gauche et l'enregistrement en temps réel des images du coeur dans des plans multiples. Les deux techniques restent pourtant complémentaires. Nous allons voir que chacune d'elle donne des renseignements différents et permet de préciser de nombreux points quant au développement d'anomalies de la dynamique ventriculaire gauche, conséquence d'occlusions ou de sténoses au niveau des artères coronaires.

II. ECHOCARDIOGRAPHIE UNI-DIMENSIONNELLE

L'échocardiographie en mode-M permet de donner des informations utiles sur l'anatomie et la fonction ventriculaire gauche résultant de la dynamique des parois ventriculaires visibles; la technique permet également d'éliminer certaines maladies valvulaires associées ou un épanchement péricardique. Enfin, l'étude des mouvements valvulaires permet de donner des informations relatives au débit cardiaque ainsi qu'un reflet indirect de la pression de remplissage du ventricule gauche.

a) Etude de la dynamique des parois ventriculaires :

Les modifications de la mobilité segmentaire du ventricule gauche sont la conséquence majeure de la maladie coronarienne aussi bien dans sa forme aiguë que chronique (réf. 2, 31). L'écho en mode-M permet de voir facilement la paroi postérieure du ventricule gauche et le septum interventriculaire (fig. 1). Chez le sujet normal, la paroi postérieure et le septum se rapprochent l'un de l'autre et s'épaississent pendant la systole. De nombreuses études expérimentales montrent que dans l'ischémie ou l'infarctus produit par ligature d'une artère coronaire on voit à l'écho une diminution de l'excursion et de l'épaississement systolique du muscle dans la région irriguée par l'artère lésée (réf. 9, 28, 34, 35, 36, 53, 69, 70). Au contraire les mouvements de la paroi opposée sont souvent exagérés traduisant un phénomène compensatoire (réf. 36). Lorsque l'hypokinésie touche aussi bien le septum que la paroi postérieure, le diagnostic différentiel se pose entre une maladie coronarienne à un stade avancé et une cardiomyopathie congestive. Certains auteurs en plus de la position classique du transducteur dans la fenêtre parasternale (réf. 32) utilisent d'autres positions d'approche telles que les voies sous-xyphoïdienne, précordiale, apicale et arrivent à détecter ainsi des anomalies de contraction dans plusieurs autres territoires (réf. 6, 10) notamment les parois antérieure et postéro-latérale (réf. 21). En cas d'ancien infarctus, la paroi cicatrisée apparaît souvent amincie et plus échogène que normalement (réf. 59). On peut même voir un amincissement systolique de la paroi lésée en cas d'infarctus ou d'ischémie aiguë (réf. 11). En l'absence d'autres explications, l'existence d'une anomalie du mouvement septal constitue un bon argument en faveur d'une sténose du tronc commun gauche ou du segment proximal de l'artère interventriculaire antérieure (réf. 26, 33). Rappelons que le mouvement paradoxal du septum peut se rencontrer dans d'autres conditions pathologiques dont les principales sont le bloc de branche gauche et les surcharges en volume du ventricule droit telles qu'on les voit dans la communication interauriculaire ou dans l'insuffisance tricuspидienne. Le syndrome de Wolff-Parkinson-White peut également altérer le mouvement septal de même que des

extrasystoles ventriculaires à point de départ ventriculaire droit. La stimulation endocavitaire ou épicaudique par pace-maker au niveau du ventricule droit est actuellement une cause classique de mouvement paradoxal du septum. La chirurgie cardiaque en général et les pontages aorto-coronariens en particulier sont également une cause classique d'altération du mouvement septal, peut-être en relation avec l'ouverture du péricarde.

D'autre part l'altération du mouvement septal dans les occlusions proximales de l'artère interventriculaire antérieure dépend du niveau de la sténose par rapport aux premiers rameaux septaux et de l'existence ou non d'une circulation collatérale. Par conséquent un mouvement septal normal ne peut en aucun cas exclure une sténose proximale de l'artère coronaire gauche.

b) Mesures du volume et de la fonction du ventricule gauche :

Plusieurs auteurs ont trouvé de bonnes corrélations entre les volumes et les fractions d'éjection déterminés par échocardiographie et par angiographie. La plupart ont assumé que le ventricule gauche pouvait être assimilé à une ellipse avec deux petits axes égaux (d_1 , d_2) et un grand axe (D) qui est le double du petit axe (réf. 3, 18, 25, 47, 51, 55). Le volume d'une telle ellipse est donné par la formule :

$$V = \frac{\pi}{6} \cdot d_1 \cdot d_2 \cdot D$$

Si l'on admet que la dimension interne du ventricule gauche à l'écho représente le petit axe de ce ventricule, le volume peut être déterminé par la formule :

$$V = \frac{\pi}{3} \cdot (DIVG)^3$$

$$\text{ou } V = (DIVG)^3$$

DIVG : diamètre interne du ventricule gauche

L'appréciation la plus simple de la fonction du ventricule gauche est basée sur la mesure des diamètres ventriculaires gauches (réf. 22, 23). La mesure du diamètre télédiastolique permet

d'apprécier la dimension du ventricule gauche. La différence entre les diamètres télédiastolique et télésystolique permet de juger de l'importance de la contraction pendant la phase d'éjection du ventricule gauche. Le raccourcissement relatif d'un diamètre représente un paramètre de la contraction cardiaque. Le raccourcissement "normalisé" par rapport à la dimension télédiastolique représente un paramètre de contractilité : "le pourcentage de raccourcissement" (réf. 19).

$$\text{Pourcentage de raccourcissement} = \frac{D - S}{D} \cdot 100 \quad \left[\begin{array}{c} \% \end{array} \right]$$

D = diamètre télédiastolique

S = diamètre télésystolique

On peut également calculer la vitesse moyenne de raccourcissement circonférentiel des fibres myocardiques si l'on connaît, par un enregistrement du carotidogramme simultanément, le temps d'éjection.

$$\overline{Vcf} \text{ (seconde}^{-1}\text{)} = \frac{D - S}{D \cdot T.E.} \quad (\text{réf. 19})$$

T.E. = temps d'éjection

Le temps d'éjection peut également être déterminé approximativement en mesurant la durée de l'ouverture systolique de la valve aortique mais cette mesure ne peut être faite au cours du même cycle cardiaque. Enfin, le temps de contraction de la paroi postérieure peut donner un reflet du temps d'éjection.

De bonnes corrélations ont également été démontrées avec les valeurs de $\overline{Vcf}$ obtenues par angiographie (réf. 7, 54).

Cependant de telles mesures ont été effectuées chez des patients ne présentant pas d'anomalies de contraction localisées telles qu'on les voit dans la maladie coronarienne. Les malades présentant une asynergie de contraction ou un grand ventricule ne peuvent être analysés par cette méthode (réf. 7, 22, 25, 41, 46, 54, 56, 64, 72). En d'autres termes la contractilité régionale appréciée à l'échocardiographie ne peut être extrapolée au ventricule entier. Il n'est ainsi pas possible d'apprécier la contractilité globale du ventricule gauche. Enfin pour le calcul de la vitesse de raccourcissement circonférentiel, il faudrait être sûr que l'on mesure

vraiment un diamètre d'une coupe transversale du ventricule. Ceci est malheureusement difficile à prouver pour un cas individuel (réf. 64).

En effet, de sérieuses questions se posent quant à la validité du modèle ellipsoïde ainsi que du rapport 2:1 entre le grand et le petit axe chez les patients avec des ventricules agrandis ou asymétriques. Selon Teichholz (réf. 72) ce rapport varie de 1,3 à 3 selon que le ventricule gauche est grand ou petit. Plusieurs études cliniques confirment ces suspicions (réf. 5, 8, 20, 24, 29, 40, 56, 72) démontrant une corrélation médiocre entre les mesures échocardiographiques et angiographiques chez les patients coronariens avec asynergie de contraction.

D'autres ont démontré récemment que si le diamètre télédiastolique et le volume télédiastolique restaient fiables chez les patients avec asynergie, il n'en est rien des dimensions télésystoliques; il est donc impossible d'obtenir une valeur exacte de la fraction d'éjection (réf. 61). Enfin trois études ont suggéré que la fraction d'éjection pouvait néanmoins être approchée au moyen de l'échocardiographie en mode-M en mesurant la distance minimale entre le point d'ouverture maximale de la valve mitrale et le septum interventriculaire (réf. 14, 44, 48). Nous allons plus loin, relater l'expérience de notre laboratoire avec ce nouvel index de contractilité.

Il apparaît donc que si les mesures, réalisées en mode-M, de la taille et de la contractilité du ventricule gauche chez les coronariens peuvent être utiles et donner une information qualitative, on ne peut en déduire d'affirmation sur le plan quantitatif. En particulier si le ventricule gauche apparaît normal à l'écho, dans le territoire visualisé, il se peut très bien que ce ventricule présente des anomalies importantes dans d'autres territoires non visualisés à l'écho. Par contre si la fonction ventriculaire paraît diminuée à l'écho, il est hautement probable que cette dysfonction sera confirmée par les méthodes invasives.

c) Etude des mouvements valvulaires :

Des anomalies des mouvements valvulaires peuvent donner des renseignements utiles : citons la diminution de la pente diastolique associée à une diminution de l'excursion de la valve mitrale ainsi que la fermeture progressive pendant la systole de la valve aortique ou une diminution des mouvements de l'aorte ascendante : la somme de ces constatations plaide pour un bas débit cardiaque (réf. 42, 43, 60, 66).

De même le retard de fermeture de la valve mitrale (allongement du temps A-C ou diminution de PR - AC) parle pour une augmentation de la pression télédiastolique ventriculaire gauche (réf. 19). L'étude des mouvements de la valve mitrale peut être utile chez les coronariens et refléter des changements hémodynamiques. Il a été noté que chez des patients présentant une maladie coronarienne et une pression télédiastolique ventriculaire gauche élevée, il existait fréquemment un allongement du temps de fermeture de la valve mitrale avec prolongation de l'intervalle A-C et présence d'un point B (réf. 12, 17, 39). Bien que ces mesures ne présentent pas une très bonne corrélation avec la pression télédiastolique ventriculaire gauche (réf. 45) il semble que cet indice ait une certaine valeur pronostique (réf. 12, 17).

En résumé, la valeur de l'écho en mode-M dans la maladie coronarienne est limitée par l'impossibilité d'extrapoler les données recueillies dans un territoire à l'ensemble du ventricule (réf. 4). C'est pourquoi nous allons relater notre expérience d'un nouvel index intéressant et simple décrit par Massie (réf. 48) en 1977 pour la première fois, et permettant une bonne appréciation de la fraction d'éjection :

L'INDEX E - SEPTUM :

Chez les sujets normaux, le feuillet antérieur de la valve mitrale vient en contact direct ou s'approche du septum interventriculaire en protodiastole, au point E. (fig. 2). Les patients ayant une fonction ventriculaire gauche diminuée présentent fréquemment une distance augmentée entre l'ouverture maximale de la valve mitrale et le septum interventriculaire.

Il est bien connu que les patients souffrant d'une cardiomyopathie congestive présente une valve mitrale "noyée" dans un grand ventricule; il s'agit en quelque sorte d'un déplacement postérieur de l'appareil valvulaire mitral avec éloignement du point E du septum (réf. 1, 13, 19, 62, 71) (fig. 3).

Massie et coll. (réf.48) ont eu les premiers le mérite de démontrer que cette distance corrélait de façon satisfaisante avec la contractilité du ventricule gauche mesurée par la fraction d'éjection, et qu'elle ne reflétait pas seulement la taille augmentée du ventricule.

Ces auteurs ont mesuré la distance E-septum chez 30 sujets considérés comme normaux mais sans bilan invasif. Ils ont trouvé que chez tous ces sujets normaux, la distance E-septum était égale ou inférieure à 4 mm. Ils ont ensuite mesuré cette distance chez 125 patients souffrant de cardiopathies diverses. Après avoir éliminé les sténoses mitrales et les insuffisances aortiques (15 cas) c'est-à-dire les maladies modifiant par elles-mêmes les mouvements de la valve mitrale, ils ont étudié la relation entre la distance E-septum et la fraction d'éjection (angiographie bi-plane) chez 110 patients. Ils ont trouvé une excellente corrélation ($r = 0,87$) dans ce groupe.

D'autre part ils ont pu également démontrer que cette bonne corrélation restait valable en ne considérant que les patients coronariens ($n = 60$, $r = - 0,86$). Enfin, ils ont déterminé que cet index n'était pas en relation avec la dimension ventriculaire gauche, car la corrélation entre la distance E-septum et le diamètre télédiastolique ventriculaire gauche à l'écho ou le volume télédiastolique à l'angiographie demeurait pauvre. La corrélation entre le rapport index E-S divisé par diamètre diastolique et la fraction d'éjection angiographique est similaire ($r = - 0,86$) d'où le manque d'intérêt de définir un index "normalisé" par rapport à la dimension diastolique du ventricule gauche.

Lew et coll. (réf.44) en 1978 ont trouvé des valeurs analogues, en comparant la distance E-septum à la fraction d'éjection déterminée par radio-isotopes chez 60 patients coronariens. Ils ont pu démontrer qu'une distance E-septum supérieure à 5,5 mm est très spécifique (92%) d'une diminution de la fraction d'éjection et la sensibilité est de 65% seulement.

Il en résulte qu'une distance E-septum, inférieure à 5,5 mm peut néanmoins être compatible avec une diminution de la contractilité.

Cet index vérifié jusqu'à aujourd'hui sur un nombre limité de cas est très prometteur, surtout au vu de la difficulté d'apprécier la fonction ventriculaire gauche de façon non-invasive chez les patients coronariens.

Le but de notre étude est donc d'augmenter le collectif de patients étudiés avec cet index.

1. MATERIEL ET METHODE :

Durant l'année 1978, 197 patients suspects d'avoir une coronaropathie ont subi un examen échocardiographique et un cathétérisme cardiaque avec cinéventriculographie gauche et coronarographie sélective au centre de Cardiologie de l'Hôpital Cantonal de Genève.

Les malades ayant subi un pontage aorto-coronarien n'ont pas été retenus. La série de patients établie n'est pas consécutive, mais il n'y a pas eu d'autre critère de sélection que la disponibilité en temps des échocardiographistes. L'intervalle de temps entre l'écho et le cathétérisme n'a pas dépassé 48 heures et il n'y a pas eu d'événement clinique notable pendant ce laps de temps.

32 patients ont été exclus de l'étude, soit parce que l'examen angiographique n'était pas satisfaisant (4 cas), soit parce que l'échocardiogramme était de qualité insuffisante pour permettre des mesures adéquates (28 cas soit 14% du nombre total des échos enregistrés).

Les diagnostics posés chez ces 165 malades peuvent être divisés de la manière suivante :

- coronaropathies	81
- absence d'anomalie cardiaque	33
- valvulopathies	30
- cardiomyopathies	8
- autres cardiopathies	<u>13</u>
	165

Seules les deux premières catégories font l'objet de ce travail, soit un collectif de 114 malades.

2. ECHOCARDIOGRAPHIE :

Les échos sont obtenus au moyen d'un appareil commercial Smith-Kline Ekoline 20 A, utilisant un transducteur de 2,25 MHz et un enregistreur Honeywell 1956 ou Ekoline 21.

Les patients sont étudiés en decubitus dorsal ou latéral gauche à divers degrés. Le transducteur est placé dans le 4ème ou le 5ème espace intercostal, parasternal gauche afin de repérer la valve mitrale, et un balayage est effectué au même endroit de l'aorte vers la pointe du ventricule gauche. Dans la mesure du possible, des échocardiogrammes complets sont enregistrés chez tous les patients.

- Détermination de la distance E-Septum :

L'index E-septum est la distance minimale entre le point E du feuillet antérieur de la valve mitrale et une tangente au point le plus postérieur de l'excursion du septum interventriculaire au cours du même cycle cardiaque. Cette mesure s'applique également à des septa hypokinétiques ou akinétiques, mais nous avons rejeté les patients présentant un mouvement paradoxal du septum suite à une chirurgie coronarienne ou à un trouble de conduction intraventriculaire.

La distance E-septum est mesurée là où elle est la plus petite, généralement juste en-dessous de la jonction entre la paroi postérieure de l'oreillette gauche et celle du ventricule gauche, là où les deux feuillets de la valve mitrale sont bien visibles.

3. CATHETERISME ET ANGIOGRAPHIE :

Le cathétérisme a été pratiqué par voie fémorale retrograde selon Seldinger. La cinéventriculographie gauche est réalisée par l'injection de 40 à 50 cc de Renografin 76%, filmée en oblique antérieure droite à 30°. La fraction d'éjection est déterminée selon la méthode de Dodge pour l'angiographie monoplane (réf. 27, 57, 65), le ventricule gauche étant assimilé à un ellipsoïde de rotation. Le calcul des volumes ventriculaires et de la fraction

d'éjection est effectué par un ordinateur PDP - 11. Une fraction d'éjection de 55% est considérée comme la limite inférieure de la normale. La coronarographie sélective est effectuée après la ventriculographie selon la méthode de Judkins.

4. RESULTATS :

a) Distance E-septum chez les sujets normaux :

Il s'agit de 33 patients admis dans le service pour douleurs thoraciques atypiques chez lesquels tous les examens pratiqués, y compris ventriculographie, coronarographie sélective et mesures hémodynamiques, sont restés négatifs. Sur 33 patients, 30 patients (91%) ont une distance minimale inférieure à 5 mm (moyenne 2,4 mm); 3 patients ont des valeurs comprises entre 5 et 7 mm. L'ensemble des résultats donne une moyenne de 2,9 mm (extrêmes 0-7 mm). Le coefficient de corrélation calculé est de $r = - 0,77$ ($p < 0,001$). Sur la base de ces sujets dits normaux, une distance E-septum supérieure à 7 mm est définie comme pathologique.

b) Distance E-septum chez les sujets coronariens :

Si la distance entre le feuillet antérieur de la valve mitrale et le septum interventriculaire montre une bonne corrélation avec la fraction d'éjection, le problème capital est de savoir si cet index - au contraire de beaucoup d'autres - reste valable dans la maladie coronarienne, maladie segmentaire par excellence, appréciée à l'échocardiographie unidimensionnelle en une seule coupe du ventricule gauche.

Nous avons mesuré cette distance chez 81 patients ayant une maladie coronarienne prouvée par coronarographie sélective gauche et droite. Sur ces 81 patients, 42, soit 52% ont une fraction d'éjection normale et 39 (48%) ont une fonction ventriculaire diminuée (fig. 4). La relation entre la distance E-septum et la fraction d'éjection angiographique est exprimée dans les figures 5 et 6. Il existe une corrélation très significative entre la distance E-septum

et la fraction d'éjection ($r = -0,78$, $p = 0,004$). Plus cette distance est grande, plus la fraction d'éjection est diminuée. La fraction d'éjection la plus élevée est de 89% avec le point E à l'écho qui touche septum (E-septum = 0). La fraction d'éjection la plus basse est de 15%, la distance E-septum est alors mesurée à 16,3 mm.

Nous avons également déterminé la fiabilité d'un tel critère par les calculs suivants :

- 1) Spécificité : nombre de patients avec E-septum normal et fraction normale divisé par tous les patients avec une fraction d'éjection angiographique normale.
- 2) Sensibilité : nombre de patients avec une distance E-septum anormale (> 7 mm) et une fraction d'éjection diminuée ($< 55\%$) divisé par tous les patients présentant un E-septum pathologique.
- 3) La valeur prédictive de l'index E-septum anormal : nombre de patients avec E-septum allongé et une réduction de la fraction d'éjection divisé par tous les patients avec un index E-septum pathologique. Ces résultats sont représentés sur la figure No 7.

Nous voyons que les 35 cas où la distance E-septum est supérieure à 7 mm, 31 présentent une diminution de la fraction d'éjection à l'angiographie. Ainsi la valeur prédictive d'un allongement de la distance E-septum est de 88%. Si l'on calcule la sensibilité d'un tel index, 79% (31 sur 39) des cas qui ont une diminution de la fraction d'éjection sont identifiés à l'écho par un allongement de la distance entre le point E et le septum. Enfin 38 cas sur 42 présentant une contractilité normale à l'angiographie sont identifiés correctement à l'écho par une distance E-septum inférieure à 7 mm, ce qui nous donne une spécificité de 90% . Massie (réf. 48) a montré que la corrélation entre E-septum et fraction d'éjection est meilleure que celle qui existe entre E-septum et le diamètre télédiastolique du ventricule gauche à l'écho ou le volume télédiastolique à l'angiographie. Il semble donc que cet index ne dépende pas uniquement de la taille du ventricule gauche et qu'il

permette d'identifier des ventricules de taille normale mais avec une contractilité diminuée ou une fraction d'éjection basse (insuffisance mitrale par exemple).

DISCUSSION :

La détermination de la fonction ventriculaire gauche notamment de la fraction d'éjection ne peut se faire avec sûreté dans la maladie coronarienne, par les mesures habituelles de l'échocardiographie unidimensionnelle (réf. 29, 46, 56, 72). La présence d'une bonne corrélation entre la distance E-septum et la fraction d'éjection angiographique chez le coronarien donne tout son intérêt à ce nouveau signe décrit par Massie et collaborateurs en 1977 (réf. 48). Notre expérience sur plus de 100 cas confirme ces données initiales. Bien que cet index ait tendance à surestimer la fraction d'éjection chez les patients qui présentent une asynergie apicale ou latérale ou à la sous-estimer chez les patients qui ont une asynergie antéro-septale, le coefficient de corrélation demeure élevé chez les patients coronariens. L'utilité de cet index est encore augmenté par le fait qu'il s'agit d'une détermination simple, car il est facile d'obtenir simultanément l'enregistrement du feuillet antérieur de la valve mitrale et du septum interventriculaire alors qu'il est souvent difficile chez le coronarien, d'avoir une bonne vue simultanée de l'endocarde, de la paroi postérieure et du septum. Enfin la mesure de la distance E-septum est rapide et ne nécessite aucun calcul. L'explication de cette corrélation demeure incertaine; en effet, la relation entre un événement purement diastolique - séparation ou apposition du point E de la mitrale au septum - et l'altération de la fonction systolique du ventricule gauche n'est pas évidente. Il apparaît que la distance entre le point E et le septum est dépendante des mouvements de la valve mitrale elle-même, du septum interventriculaire et de la paroi libre du ventricule gauche. D'autre part chez un bon nombre de patients, la taille augmentée du ventricule gauche joue en rôle dans la distance E-septum. On a pu démontrer (réf. 15,16) qu'il existe une diminution considérable du flux protodiastolique mitral chez les patients coronariens. Une telle dimi-

nution de débit protodiastolique couplée avec des altérations de la pression télédiastolique ventriculaire gauche, altérations fréquentes dans la maladie coronarienne, peut expliquer des altérations du mouvement de la valve mitrale et donc une augmentation de la distance E-septum chez les patients qui ont une diminution de la fraction d'éjection. D'autre part il est clair que des anomalies de la motilité de la paroi ventriculaire peuvent influencer la position de la valve mitrale à la fin de la systole.

En conclusion, nous pensons que la distance E-septum est un index échocardiographique simple, permettant d'apprécier de manière très utile la fraction d'éjection du ventricule gauche, même si la sensibilité n'en est pas parfaite.

III ECHOCARDIOGRAPHIE BI-DIMENSIONNELLE :

Actuellement l'échocardiographie bi-dimensionnelle élargit le champ des ultrasons dans l'étude du ventricule gauche particulièrement chez le malade coronarien, présentant des anomalies localisées de la contraction ventriculaire. Cette nouvelle technique permet en effet, une visualisation plus complète du ventricule gauche, une appréciation en temps réel de la contractilité de ce ventricule (réf. 37, 49, 63, 67, 68). Le but de notre étude est de relater notre expérience dans le diagnostic des asynergies ventriculaires à l'échocardiographie bi-dimensionnelle en comparaison avec la ciné-ventriculographie gauche.

1. MATERIEL ET METHODE :

Nous avons étudié (réf. 49) une série consécutive de 122 patients hospitalisés pour coronarographie. Chaque malade a subi un échocardiogramme bi-dimensionnel dans les 24 heures qui ont précédé le cathétérisme cardiaque.

L'échocardiographie bi-dimensionnelle a été effectuée au moyen d'un

appareil Ekosector I. Il s'agit d'un système à balayage mécanique utilisant un transducteur de 2,25 MZ avec un angle de vision de 30° . L'image obtenue est visualisée sur un écran de télévision et enregistrée sur video-cassette (Sanyo VTC 7100). Le transducteur est placé d'abord en position parasternale gauche (3ème et 4ème espace) puis en position apicale au niveau du choc de pointe. D'emblée il faut signaler la difficulté d'obtenir de bonnes images de la totalité du ventricule gauche; nous avons éliminé de l'étude, tous les cas où un segment ne pouvait être bien visualisé dans un axe au moins, soit 32 malades sur 122 ou 26%. Nous avons ainsi retenu 90 cas pour comparaison avec la cinéventriculographie gauche.

L'échocardiographie bi-dimensionnelle a été enregistrée en deux axes : le grand axe est parallèle à une ligne joignant l'épaule droite et la hanche gauche du patient; il s'agit d'une coupe longitudinale du coeur. Le petit axe est perpendiculaire à cette même ligne réalisant donc une coupe transversale du coeur. (fig. 8)

La définition des segments : septum interventriculaire, segment antéro-apical, inféro-apical, inférieur est résumée en grand axe sur la figure 9.

En petit axe, nous effectuons deux coupes, une à la base où nous définissons trois segments : le septum interventriculaire, la paroi antéro-latérale et la paroi inférieure. L'autre coupe effectuée à proximité de l'apex est divisée en un segment antéro-apical et un segment inféro-apical. Ces différents segments sont représentés schématiquement sur la figure 10.

Tous les malades ont subi un cathétérisme complet droit et gauche par voie fémorale selon la technique de Seldinger. La cinéventriculographie gauche est effectuée en oblique antérieure droite à 30° par l'injection de 40 à 50 cc de Renografin à 76%. Une coronarographie sélective gauche et droite est ensuite réalisée selon la technique de Judkins.

L'image ventriculographique gauche est divisée en 4 segments représentés sur la figure 11.

Ces quatre segments sont corrélés avec les segments précédemment décrits en échocardiographie. Il est évident que le septum interventriculaire ne peut être analysé en angiographie monoplan oblique antérieure droite. L'interprétation de l'échocardiogramme a été effectuée par trois observateurs sans connaître les résultats de l'angiographie.

Chaque segment a été qualifié de normal, hypokinétique ou dyskinétique.

2. RESULTATS :

Chez 32 malades sur 122, soit le 26%, il n'a pas été possible d'obtenir soit un échocardiogramme suffisamment bon pour être interprété, soit un échocardiogramme complet, un segment n'ayant pu être visualisé dans un axe au moins. Les segments les plus difficiles à voir sont la région apicale et l'endocarde de la paroi inférieure. Ce pourcentage important d'échecs est une limitation significative de la méthode; il peut être expliqué par les problèmes techniques liés aux méthodes ultrasoniques elles-mêmes, par les difficultés d'enregistrement chez les malades coronariens, par le faible pouvoir de résolution des appareils actuels, ainsi que par l'expérience insuffisance de l'examineur.

90 patients sur 122 ont donc été retenus pour une analyse de la contractilité segmentaire du ventricule gauche. L'ensemble des résultats est reporté sur le tableau 12. Chez 83 patients (92%), la corrélation s'est révélée excellente entre l'échocardiogramme et l'angiographie tant en présence de ventricules normaux que d'anomalies de contraction. Chez 7 patients, soit le 8%, nous avons posé des diagnostics discordants avec l'angiographie : dans 2 cas, l'échocardiogramme a été décrit comme anormal alors que l'angiographie n'a révélé aucune anomalie; dans 5 cas l'échocardiogramme a été considéré comme normal alors qu'il existait une asynergie de contraction à l'angiographie. Signalons enfin sur 90 coronarographies il y a eu 12 examens normaux et que tous ces ventricules ont été considérés normaux à l'échocardiographie.

L'analyse des discordances entre les deux méthodes révèle que la divergence porte soit sur la paroi inférieure (4 fois) soit sur la région apicale (2 fois), le dernier malade présentait une anomalie

de la contraction de la face antérieure et de la face diaphragmatique qui toutes deux n'ont pas été diagnostiquées. Le tableau 13 résume ces discordances.

On constate donc que les faux diagnostics concernent les régions les plus difficiles à visualiser; un examen a posteriori de ces discordances montre que celles-ci peuvent être attribuées, dans 5 cas, à la qualité de l'enregistrement, cependant dans 2 cas l'échocardiogramme et l'angiographie étaient tous deux de bonne qualité. Il est probable que l'angle avec lequel le faisceau d'ultrasons coupe la paroi ventriculaire explique ces cas de discordance.

En résumé, la principale difficulté de l'échocardiographie bi-dimensionnelle dans la maladie coronarienne réside dans l'impossibilité d'enregistrer des tracés complets et de bonne qualité chez tous les patients. Lorsque l'enregistrement est satisfaisant, l'échocardiographie bi-dimensionnelle est une excellente méthode non-invasive pour distinguer les ventricules gauches normaux et anormaux. Enfin, l'échocardiographie bi-dimensionnelle est une bonne méthode pour l'analyse segmentaire de la dynamique du ventricule gauche .

IV CONCLUSIONS GENERALES :

L'échocardiographie joue un rôle important dans l'évaluation de la maladie coronarienne, surtout depuis le développement des techniques d'échocardiographie bi-dimensionnelle (réf. 38, 74, 75). Néanmoins les deux techniques uni et bi-dimensionnelles restent complémentaires :

a) L'échocardiographie uni-dimensionnelle (mode-M), grâce à son excellent pouvoir de résolution, fournit un grand nombre d'indications malgré la vue fragmentaire du ventricule gauche qu'elle donne : rappelons ici quelques-unes des informations fournies par ce type d'examen :

- taille du ventricule gauche à la base dans une région dont on sait qu'elle est souvent la dernière à être atteinte par la

maladie; donc une diminution de la contractilité ventriculaire gauche dans la région basale, sans être spécifique, plaide pour une maladie coronarienne avancée.

- mouvements et aspect du septum interventriculaire et de la paroi postérieure, (tissu cicatriciel, mouvements compensateurs).
- mouvements de la valve mitrale donnant une indication sur le débit cardiaque et la pression télédiastolique ventriculaire gauche.
- complications de la maladie coronarienne (épanchement péricardique, rupture de cordage mitral, surcharge en volume du ventricule gauche par régurgitation mitrale sur dysfonction de pilier).
- distance du point E de la valve mitrale au septum interventriculaire, signe montrant une bonne corrélation avec la fraction d'éjection, donc appréciation de la contractilité globale du ventricule gauche. La description de ce nouvel index échocardiographique représente un progrès certain dans l'appréciation non-invasive de la fonction ventriculaire gauche. Nous avons pu confirmer les résultats préliminaires de Massie (60 patients coronariens), Lew (60) et D'Cruz (40) par une série de 81 patients avec une excellente spécificité (90%) et une assez bonne sensibilité (79%) (réf. 14, 44, 48).

A notre avis si l'échocardiographie en mode-M est de valeur limitée dans le diagnostic de la maladie coronarienne, il permet de préciser la sévérité de l'atteinte ventriculaire chez un patient coronarien connu et de suivre l'évolution de la maladie ainsi que l'apparition de certaines de ses complications.

b) L'échocardiographie bi-dimensionnelle, représente un progrès considérable en permettant de voir, en temps réel, la totalité ou presque du ventricule gauche. Malheureusement son pouvoir de résolution est à l'heure actuelle imparfait. Nous avons montré comme d'autres (réf. 38) que la contractilité segmentaire peut être analysée avec une bonne corrélation avec l'appréciation angiographique. Certains auteurs (réf. 58, 74) ont démontré que l'écho-

cardiographie bi-dimensionnelle est une excellente méthode pour le diagnostic des anévrismes du ventricule gauche. L'échocardiographie bi-dimensionnelle permet de préciser également certains mouvements valvulaires et son intérêt dans les sténoses mitrales et aortiques a été bien démontré (réf. 30, 50, 52, 73, 76). La quantification des anomalies de la contractilité ventriculaire gauche et la mesure des volumes ventriculaires restent encore limitées par de nombreuses difficultés techniques qui en empêchent l'utilisation en pratique clinique. L'amélioration de la technologie en matière d'ultrasons permettra probablement d'en développer les applications dans la maladie coronarienne. Mais l'échocardiographie a déjà sa place dans l'évaluation non-invasive de la performance ventriculaire gauche chez les coronariens aux côtés de l'électrocardiographie d'effort et des techniques isotopiques.

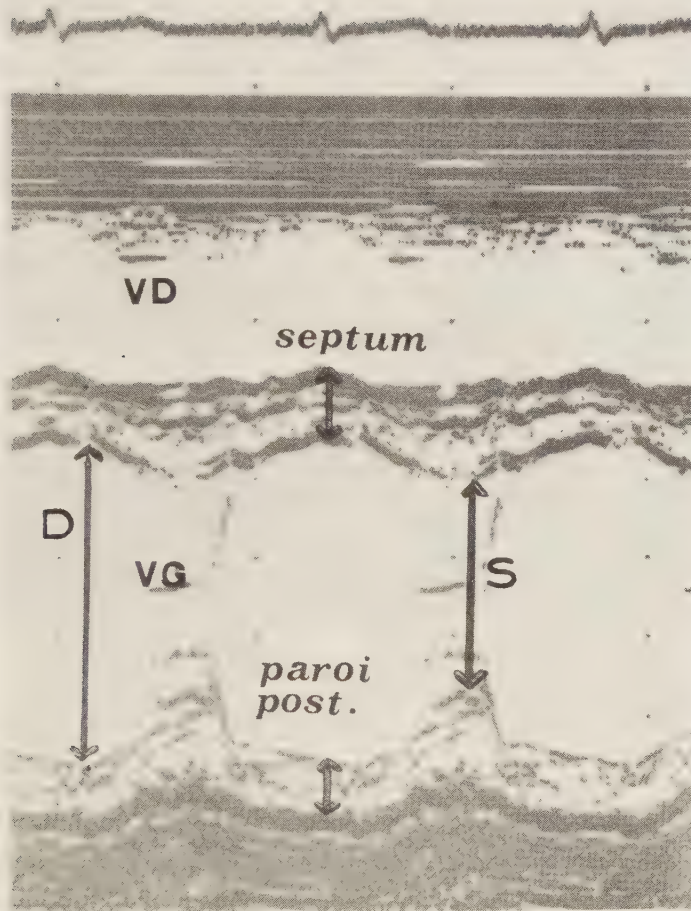


Figure 1

VD = ventricule droit
VG = ventricule gauche
D = diamètre télédiaastolique
S = diamètre télésystolique

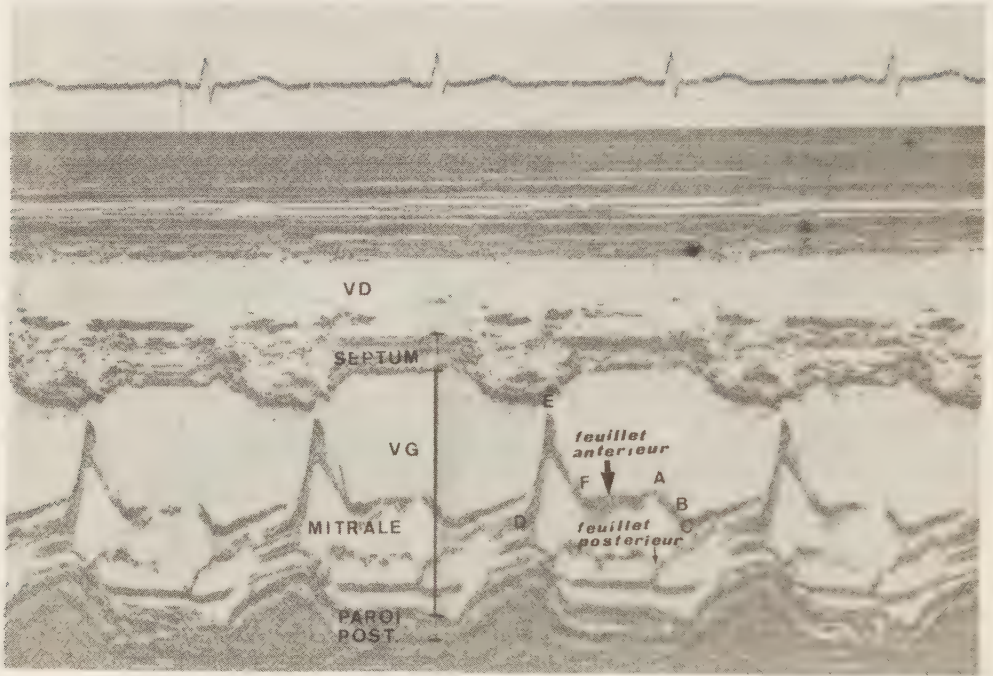


Figure 2

Distance E-septum : 1 mm

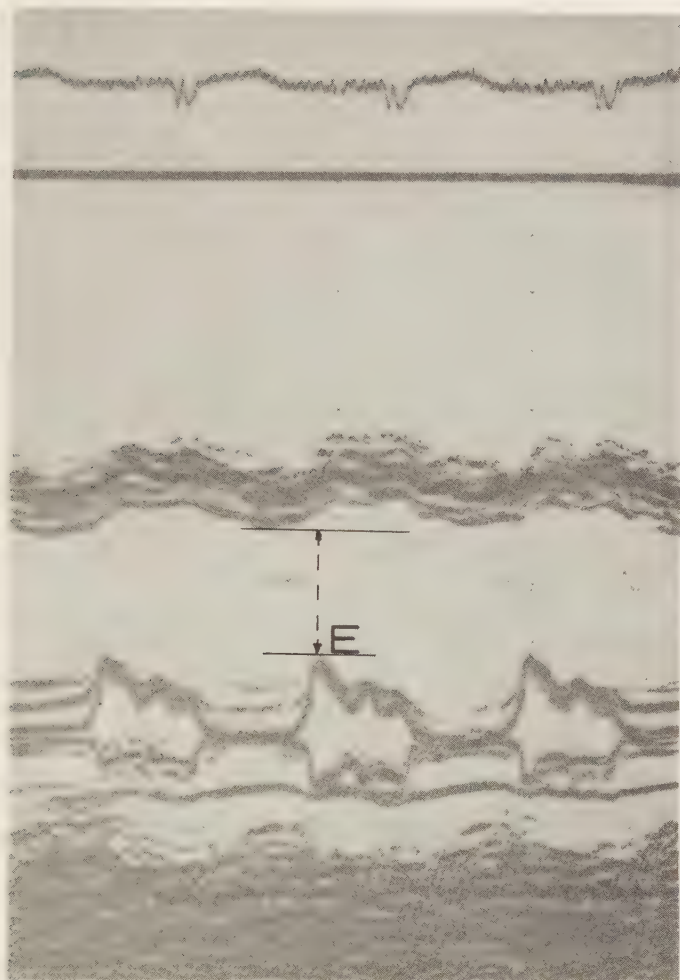


Figure 3

Dilatation ventriculaire gauche
avec mauvaise contractilité
E-septum : 17,5 mm

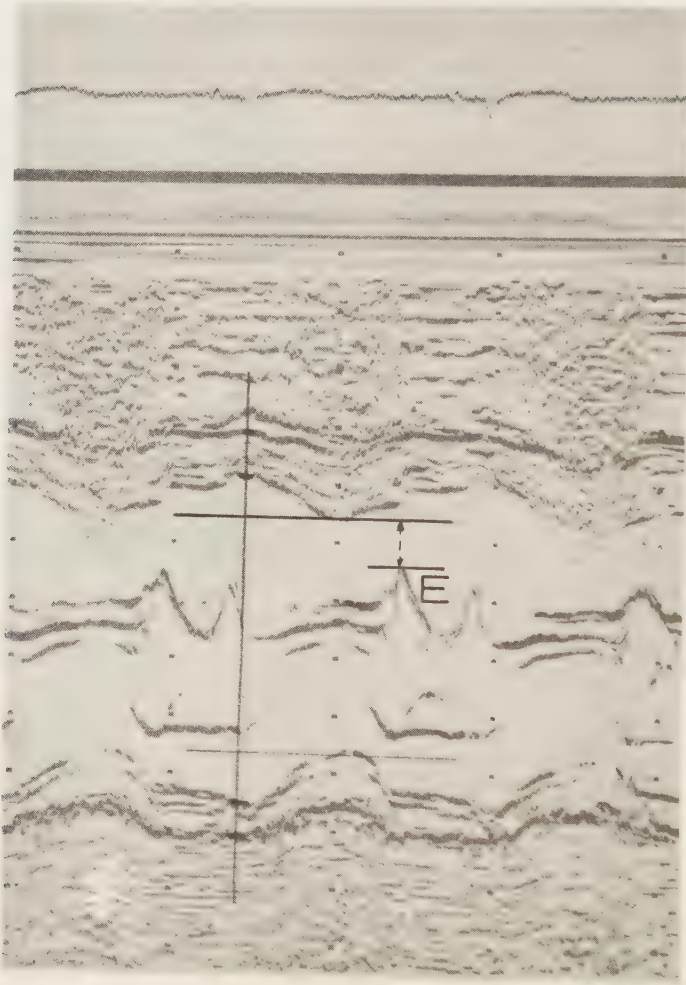


Figure 4

Distance E-septum : 8 mm

Fraction d'éjection angiographique : 44%

RELATION ENTRE ES_{index} ET FE CHEZ LES PATIENTS CORONARIENS

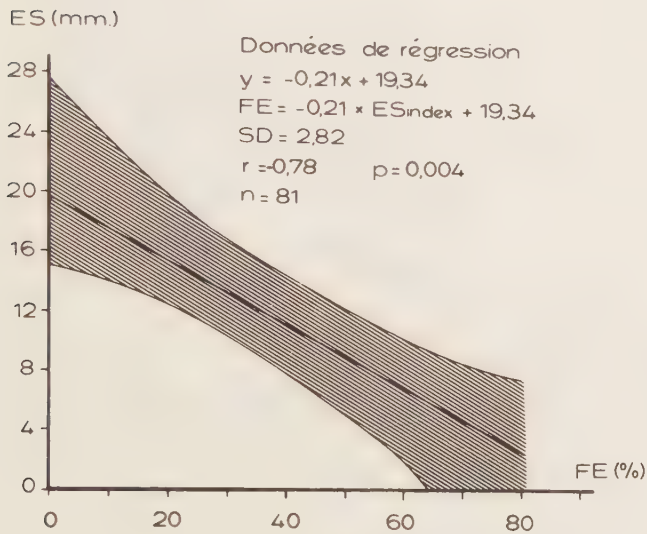


Figure 5

ANALYSE DE REGRESSION

	NORMAUX	CORONARIENS
COEFF. REGR.	- 0.20	- 0.21
INTERCEPT.	17.10	19.34
SD	1.43	2.82
r	- 0.77	- 0.78
p (r)	< 0.001	0.004
n	33	81

Figure 6

	F.E. DIMINUÉE	F.E. NORMALE	TOTAL
E-S PATHOLOGIQUE	31	4	35
E-S NORMAL	8	38	46
	39	42	

Figure 7

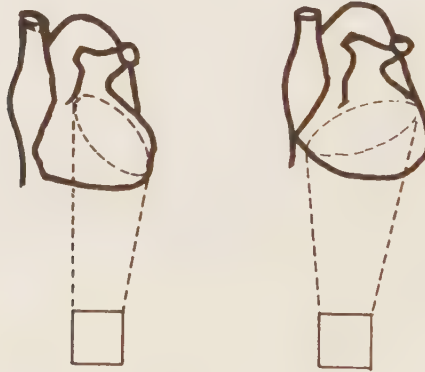
ECHOCARDIOGRAPHIEBI-DIMENSIONNELLEGRAND AXEPETIT AXE

Figure 8

Coupes du coeur en écho bidimensionnel.
 A gauche, coupe longitudinale,
 à droite, coupe transversale

ECHOCARDIOGRAPHIE 2-D: GRAND AXE
segments analysés

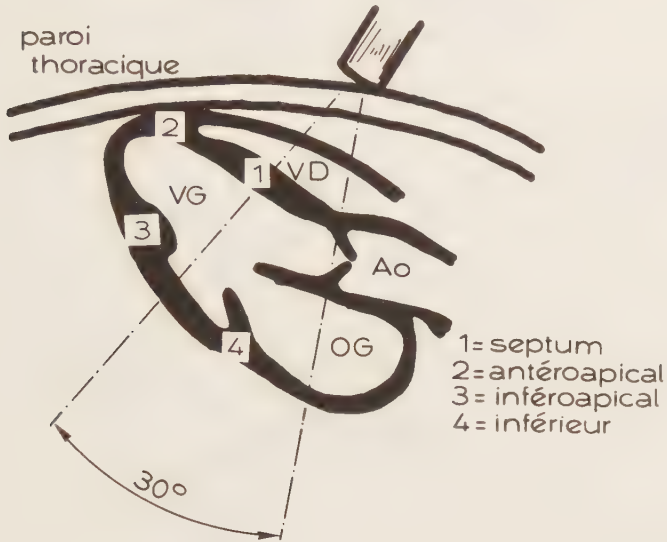


Figure 9

Division segmentaire en grand axe

ECHOCARDIOGRAPHIE 2-D
PETIT AXE
segments analysés

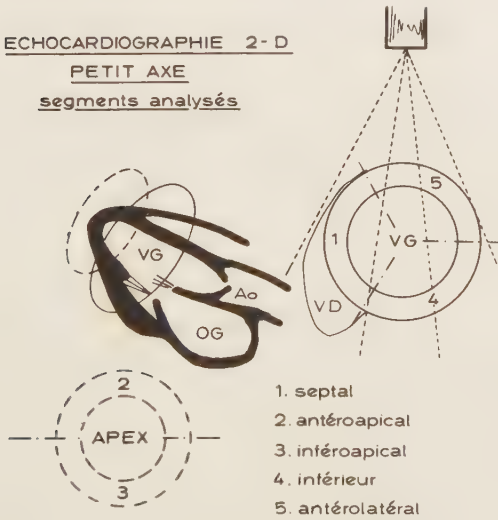


Figure 10

Division segmentaire en petit axe

CINEVENTRICULOGRAPHIE
GAUCHE (OAD)
 segments analysés



Figure 11

Ventriculographie gauche. Division segmentaire

CORRÉLATION ANGIO-ÉCHO

		ANGIO		
		NORMAL	ANORMAL	
ÉCHO	NORMAL	38	5	43
	ANORMAL	2	45	47
		40 (44%)	50 (56%)	90

Figure 12

CINÉVGÉCHO 2-D

40/90 (44%) VG NORMAUX
 50/90 (56%) VG ANORMAUX

HYPOKINÉSIE INFÉRIEURE	19/50	→ 2 FAUX -
HYPOKINÉSIE INF+ INFÉROAPICALE	3/50	→ 2 FAUX +
HYPOKINÉSIE ANTÉROLATÉRALE	3/50	
DYSKINÉSIE APICALE	13/50	2 FAUX -
ATTEINTE DIFFUSE	8/50	
ATTEINTES MULTIPLES	4/50	1 FAUX -

Figure 13

Résumé des discordances entre
 la cinéventriculographie gauche (cinéVG) et
 l'échocardiographie bi-dimensionnelle (echo 2-D)

BIBLIOGRAPHIE :

1. ABBASI A.S., CHAHINE R.A., MACALPIN R.N., KATTUA A.A. :
Ultrasound in the diagnosis of primary congestive cardio-
myopathy. Chest : 63, 937, 1973.
2. BAXLEY W.A., REEVES T.J. : Abnormal region of myocardial
performance in coronary artery disease. Progr. Cardiovasc.
Dis. : 13, 405, 1971.
3. BELENKIE I., NUTTER D.O., CLARK D.W., MACGRAW D.B., RAIZNER A.E. :
Assessment of left ventricular dimensions and function by echo-
cardiography. Am. J. Cardiol. : 31, 755, 1973.
4. BLOCH A. : Le diagnostic de la maladie coronarienne et de l'is-
chémie myocardique par l'échocardiographie. Schw. Med.
Wsch. (à paraître).
5. CHANDARATNA P.A.N., RASHID A., TOLENTINO A., HILDNER F.J.,
FESTER A., SAMET P., LITTMAN B.B., SABHARWAL S. : Echocardio-
graphic assessment of left ventricular function in coronary
arterial disease. Br. Heart J. 39, 139, 1977.
6. CHANG S., FEIGENBAUM H. : Subxyphoid echocardiography. J. Clin.
Ultrasound : 1, 14, 1973.
7. COOPER R.H., O'ROURKE R.A., KARLINER J.S., PETERSON K.L.,
LEOPOLD G.R. : Comparison of ultrasound and cineangiographic
measurements of the mean rate of circumferential fiber shortening
in man. Circulation : 46, 914, 1972.
8. CORYA B.C. : Echocardiography in ischemic heart disease. Am.
J. Med. : 63, 10, 1977.
9. CORYA B.C., RASMUSSEN S., KNOEBEL S.B., FEIGENBAUM H. : Echocar-
diography in acute myocardial infarction. Am. J. Cardiol. : 36,
1, 1975.
10. CORYA B.C., FEIGENBAUM H., RASMUSSEN S., BLACK M.J. : Anterior
left ventricular wall echoes in coronary artery disease. Am. J.
Cardiol. : 34, 652, 1974.

11. CORYA B.C., RASMUSSEN S., FEIGENBAUM H., KNOEBEL S., BLACK M.J.: Systolic thickening and thinning of the septum and posterior wall in patients with coronary artery disease, congestive cardiomyopathy and atrial septal defect. Am. J. Cardiol. : 39, 109, 1977.
12. CORYA B.C., RASMUSSEN S., KNOEBEL S.B., FEIGENBAUM H. : Echocardiography in acute myocardial infarction. Am. J. Cardiol. : 36, 1, 1975.
13. CORYA B.C., FEIGENBAUM H., RASMUSSEN S., BLACK M.J. : Echocardiographic features of congestive cardiomyopathy compared with normal subjects and patients with coronary artery disease. Circulation : 49, 1153, 1974.
14. D'CRUZ A., LALMALANI G.G., SAMBASIVAN V., COHEN H.C., GLICK G. : The superiority of mitral E point ventricular septum separation to other echocardiographic indications of left ventricular performance. Clin. Cardiol. : 2, 140, 1979.
15. DECOODT P.R., MATHEY D.G., SWAN H.J.C. : Abnormal left ventricular filling in coronary artery disease (abstr.). Circulation : 52, (suppl. II), 133, 1975.
16. DEMARIA A.N., MILLER R.R., AMSTERDAM E.A. et al : Mitral valve early diastolic closing velocity in the echocardiogram : relationship to sequential diastolic flow and ventricular compliance. Am. J. Cardiol. : 37, 693, 1976.
17. DILLON J. C., FEIGENBAUM H., WEYMAN A.E., CORYA B.C., PESKOE S., CHANG S. : M-mode echocardiography in the evaluation of patients for aneurysmectomy. Circulation : 53, 657, 1976.
18. FEIGENBAUM H., POPP R.L., WOLFE S.B., TROY B.L., POMBO J.F., HAINE C.L., DODGE H.T. : Ultrasonic measurements of the left ventricle. Arch. Intern. Med. : 129, 461, 1972.
19. FEIGENBAUM H. : Echocardiography. Philadelphia. Lea et Febiger 2nd ed. 1976.

20. FEIGENBAUM H., CORYA B.C., DILLON J. C., WEYMANN A.E., RASMUSSEN S., BLACK M.J., CHANG S.: Role of echocardiography in patients with coronary artery disease. Am. J. Cardiol. : 37, 774, 1976.
21. FEIGENBAUM H., CORYA B.C., DILLON J. C., WEYMANN A.E., RASMUSSEN S., BLACK M.J., CHANG S. : Role of echocardiography in patients with coronary artery disease. Am. J. Cardiol. : 37, 775, 1976.
22. FORTUIN N.J., HOOD W.P., SHERMAN M.E., CRAIGE E. : Determination of left ventricular volumes by ultrasound. Circulation : 44, 575, 1971.
23. FORTUIN N.J., HOOD W.P., CRAIGE E. : Evaluation of left ventricular function by echocardiography. Circulation : 46, 26, 1972.
24. FORTUIN N.J.: Evaluation of left ventricular size and function by echocardiography. In : Cardiac Ultrasound (Eds, Gramiak R, Wagg RC) Mosby, St Louis (1975), p. 115.
25. GIBSON D.G. : Estimation of left ventricular size by echocardiography. Br. Heart J. : 35, 128, 1973.
26. GORDON M.J., KERBER R.E. : Interventricular septal motion in patients with proximal and distal left anterior descending coronary artery lesions. Circulation : 55, 338, 1977.
27. GREENE D.G., CARLISLE R., GRANT C., BRINNEL I.L. : Estimation of left ventricular volume by one plane cineangiography. Circulation : 35, 61, 1967.
28. HEIKKILA J., NIEMINEN M. : Echoventriculographic detection, localization, and quantitation of left ventricular asynergy in acute myocardial infarction. Br. Heart J. : 37, 46, 1975.
29. HENNING H., SCHELBERT H., CRAWFORD M.H., KARLINER J.S., ASHBURN W., O'ROURKE R.A. : Left ventricular performance assessed by radionuclide angiography and echocardiography in patients with previous myocardial infarction. Circulation : 52, 1069, 1975.

30. HENRY M.L., GRIFFITH J.M., MICHAELIS L.L., MCINTOSH C.I., MORROW A.G., EPSTEIN S. : Measurement of mitral orifice area in patients with mitral valve disease by real-time, two dimensional echocardiography. *Circulation* : 51, 827, 1975.
31. HERMAN M.V., GORLIN R. : Implications of left ventricular asynergy. *Am. J. Cardiol.* : 23, 538, 1969.
32. JACOBS J.J., FEIGENBAUM H., CORYA B.C., PHILIPS J.F. : Detection of left ventricular asynergy by echocardiography. *Circulation* : 48, 263, 1973.
33. JOFFE C.D., BRIK H., TEICHHOLZ L., HERMAN M., GORLIN R. : Echocardiographic diagnosis of left anterior descending coronary artery disease. *Am. J. Cardiol.* : 40, 11, 1977.
34. KERBER R.E., ABBOUD F.M. : Echocardiographic detection of regional myocardial infarction. *Circulation* : 47, 397, 1973.
35. KERBER R.E., MARCUS M.L., EHRHARDT J., WILSON R., ABBOUD F.M. : Correlation between echocardiographically demonstrated segmental dyskinesis and regional myocardial perfusion. *Circulation* : 52, 1097, 1975.
36. KERBER R.E., MARCUS M.L., WILSON R., EHRHARDT J., ABBOUD F.M. : Effects of acute coronary occlusion on the motion and perfusion of the normal and ischemic interventricular septum. *Circulation* : 54, 928, 1976.
37. KISSLO J., VONRAMM O.T., THURSTONE F.L. : Cardiac imaging using a phased ultrasound system : II. Clinical technique and application. *Circulation* : 53, 262, 1976.
38. KISSLO J. A., ROBERTSON D., GILBERT B.W., VONRAMM O., BEHAR V.S. : A comparison of real-time, two-dimensional echocardiography and cineangiography in detecting left ventricular asynergy. *Circulation* : 55, 134, 1977.
39. KONECKE L.L., FEIGENBAUM H., CHANG S., CORYA B.C., FISCHER J.C. : Abnormal mitral valve motion with elevated left ventricular diastolic pressures. *Circulation* : 47, 989, 1973.

40. KOTLER M.N., SEGAL B.L., MINTZ G., PARRY W.R. : Pitfalls and limitations of M-mode echocardiography. Am. Heart J. : 94, 227, 1977.
41. KRAYENBUHL H.P., TURINA J., HESS O., ETTORI F. : Die Echokardiographie in der Beurteilung der Ventrikelfunktion. Schweiz. Med. Wschr. : 107, No 38, 1317, 1977.
42. LALANI A.V., LEE S.J.K. : Echocardiographic measurement of cardiac output using the mitral valve and aortic root echo. Circulation : 54, 738, 1976.
43. LESBRE J.P., BERNASCONI P., QUINET J.C., BOR P., REY J.L. : Les applications de l'échocardiographie aux cardiopathies acquises de l'adulte. Ann. Cardiol. Angéiol. 26, 475, 1977.
44. LEW W., HENNING H., SCHELBERT H., KARLINER J.S. : Assessment of mitral valve E point-septal separation as an index of left ventricular performance in patients with acute and previous myocardial infarction. Am. J. Cardiol. : 41, 836, 1978.
45. LEWIS J.R., PARKER J.D., BURRGRAF G.W. : Mitral valve motion and changes in left ventricular end-diastolic pressure. A correlative study of the PR-AC interval. Am. J. Cardiol. : 42, 383, 1978.
46. LINHART J.W., MINTZ G.S., SEGAL B.L. et al : Left ventricular volume measurement by echocardiography : fact or fiction ?. Am. J. Cardiol. : 36, 114, 1975.
47. LUDBROOK P., KARLINER J.S., PETERSON K. et al : Comparison of ultrasound and cineangiographic measurements of left ventricular performance in patients with and without wall motion abnormalities. Br. Heart J. : 35, 1026, 1973.
48. MASSIE B.M., SCHILLER N.B., RATSHIN R.A., PARMELY W.W. : Mitral septal separation : A new echocardiographic index of left ventricular function. Am. J. Cardiol. : 39, 1008, 1977.

49. MORARD J.D., BLOCH A., MAYOR C., PERRENOUD J.J., FOURNET P.C. :
Echocardiographie bi-dimensionnelle chez les coronariens : le
diagnostic des atteintes ventriculaires gauches comparé à la
ventriculographie. Résumé. Soc. Suisse Cardiol. Lucerne, 1979.
50. MORARD J.D., BLOCH A., MAYOR C., BOPP. : L'échocardiographie
bi-dimensionnelle dans l'évaluation des sténoses mitrale et
aortique. Arch. Mal. Coeur : 2, 165, 1979.
51. MURRAY J.A., JOHNSTON W., REID J.M. : Echocardiographic deter-
mination of left ventricular dimensions, volumes and performance.
Am. J. Cardiol. : 30, 252, 1972.
52. NICHOL P.N., GILBERT B.W., KISSLO J.A. : Two-dimensional echo-
cardiography assessment of mitral stenosis. Circulation 55,
120. 1977.
53. NIEMINEN M., HEIKKILA J. : Echoventriculography in acute myocar-
dial infarction III. Clinical correlations and implications of
the noninfarcted myocardium. Am. J. Cardiol. : 38, 1, 1976.
54. PARASKOS J. A., GROSSMAN W., SALTZ S., DALEN J.E., CENTER L. :
A noninvasive technique for the determinations of velocity of
circumferential fiber shortening in man. Circulation : 29, 610,
1971.
55. POMBO J.F., TROY B.L., RUSSEL R.O. : Left ventricular volumes
and ejection fraction by echocardiography. Circulation : 43,
480, 1971.
56. POPP R.L., ALDERMAN E.L., BROWN J.R., HARRISON D.C. : Sources
of error in calculation of left ventricular volumes by echocar-
diography. Am. J. Cardiol. : 31, 152, 1973.
57. RACKLEY C.E. : Quantitative evaluation of left ventricular
function by radiographic techniques. Circulation : 54, 862, 1976.
58. RAKOWSKI H., MARTIN R.P., SCHAPIRA J.N., WEXLER L., SILVERMAN J.F.,
CIPRIANO P.R., GUTMANER D.F., POPP R.L. : Left ventricular aneu-
rysm : detection and determination of resectability by two-
dimensional ultrasound. Circulation : 56, III, 153, 1977. Abstract

59. RASMUSSEN S., CORYA B.C., FEIGENBAUM H., KNOEBEL S.B. : Detection of myocardial scar tissue by M-mode echocardiography. Circulation : 57, 230, 1978.
60. RASMUSSEN S., CORYA B.C., FEIGENBAUM H., BLACK M.J., LOVELACE D.E., PILIPS J.F., NOBLE R.J., KNOEBEL S.B. : Stroke volume calculated from the mitral valve echogram, in patients with and without ventricular dyssynergy. Circulation 58, 125, 1978.
61. RATSHIN R.A., BOYD C.N., RACKLEY C.E., MORASKI R.E., RUSSEL R.O. : Quantitative echocardiography : Correlations with ventricular volumes by angiocardiology in patients with coronary artery disease with and without wall motion abnormalities. (Abstr.), Circulation : 47 and 48, (Suppl. IV) : IV-48, 1973.
62. RIGHETTI A. dans : A.Bloch "L'échocardiographie", 53, 1978, Genève
63. ROELANDT J., KLOSTER F.E., TENCATE J.F., VANDORP W.G., HONKOOP J., BOM N., HUGGENHOLTZ P.G. : Multidimensional echocardiography : an appraisal of its clinical usefulness. Br. Heart J. : 36, 29, 1974.
64. RUTISHAUSER W. : La détermination échocardiographique de la fonction ventriculaire gauche, dans A.Bloch : "L'échocardiographie". Ed. Méd. et Hyg. Genève 1978.
65. SANDLER H., DODGE H.T. : The use of single plane angiocardiology for the calculation of left ventricular volume in man. Am. Heart J. : 75, 325, 1968.
66. SCHEELE W., KRAUS R., ALLEN H.N., HALPEM S.W. : Use of M-mode echocardiography to determine stroke volume. Am. J. Card. : 43, 411, 1979 (abstract).
67. SCHILLER N.B., SILVERMAN N.H. : Apex echocardiography : A new method of imaging the adult heart using the phased array real-time two-dimensional 80° sector scanner. (Abstr.) Am. J. Cardiol. : 79, 279, 1977.
68. SCHILLER N., DREW D., ACQUATELLA H., BOSWELL R., BOTVINICK E., GREENBERG B., CARLSSON E. : Noninvasive, biplane quantitation of left ventricular volume and ejection fraction with a real-time two-dimensional echocardiography system (Abstr.) Circulation : 53 and 54, (Suppl. II) II-234, 1976.

69. STEFADOUROS M.A., WITHAM A.C. : Systolic time intervals by echocardiography. Circulation : 51, 114, 1975.
70. STEFAN G., BING R.J. : Echocardiographic findings in experimental myocardial infarction of the posterior left ventricular wall. Am. J. Cardiol. : 30, 629, 1972.
71. STRUNK B.L., GUSS S.B., HICKS R.E. et al : Echocardiographic recognition of the mitral valve-posterior aortic wall and relationship. Circulation 51, 594, 1975.
72. TEICHHOLTZ L.E., KREULEN T., HERMAN M.V., GORLIN R. : Problems in echocardiographic volume determinations : Echocardiographic-angiographic correlations in the presence or absence of asynergy. Am. J. Cardiol. : 37, 7, 1976.
73. WANN L. S., WEYMANN A.E., FEIGENBAUM H., DILLON J.C., JOHNSTON K.W., EGGLETON R.C. : Determination of mitral valve area by cross-sectional echocardiography. Ann. Intern. Med. : 88, 337, 1978.
74. WEYMAN A. E., PESKOE S.M., WILLIAMS E.S., DILLON J.C., FEIGENBAUM H. : Detection of left ventricular aneurysms by cross-sectional echocardiography. Circulation : 54, 936, 1976.
75. WEYMANN A.E., FEIGENBAUM H., DILLON J.C., JOHNSTON K.W., EGGLETON R.C. : Noninvasive visualization of the left main coronary artery by cross-sectional echocardiography. Circulation : 54, 169, 1976.
76. WEYMAN A.E., FEIGENBAUM H., DILLON J.C., CHANG S. : Cross-sectional echocardiography in assessing the severity of valvular aortic stenosis. Circulation : 52, 828, 1975.

